

Avis de Soutenance

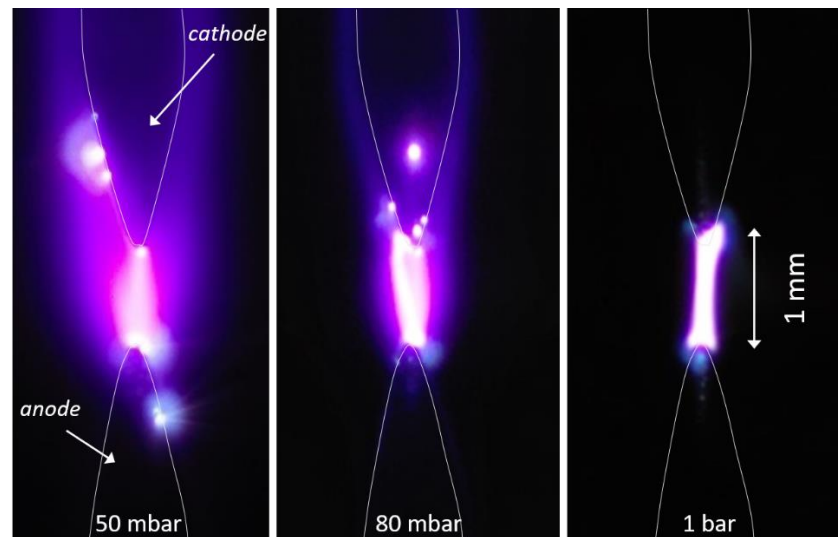
Monsieur Nicolas Minesi

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Thermal spark formation and plasma-assisted combustion by nanosecond repetitive discharges

dirigés par Prof. Christophe Laux, Prof. Gabi-Daniel Stancu et Dr. Axel Vincent-Randonnier
Le **mercredi 16 décembre 2020 à 15h00**

Lieu : Amphithéâtre Peugeot, CentraleSupélec, 3 rue Joliot-Curie, Gif-sur-Yvette (Jury uniquement)
Détails de la retransmission [sur ce lien](#)



Composition du jury :

Prof. Peter Bruggeman	University of Minnesota	Rapporteur
Prof. Khaled Hassouni	Université Paris-Nord, LSPM	Rapporteur
Dr. Armelle Cessou	CNRS, CORIA	Examinatrice
Dr. David Pai	CNRS, PPRIME	Examinateur
Dr. Guillaume Pilla	IFPEN	Examinateur
Dr. Svetlana Starikovskaia	CNRS, LPP	Examinatrice
Prof. Christophe Laux	CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, EM2C	Directeur de thèse
Prof. Gabi-Daniel Stancu	CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, EM2C	Co-directeur
Dr. Axel Vincent-Randonnier	ONERA	Encadrant

Titre : Formation d'un plasma complètement ionisé et combustion assistée par décharges nanosecondes

Mots clés : plasma, décharges nanosecondes, combustion assistée par plasma, cinétique, spectroscopie

Résumé : Cette thèse porte sur l'étude de la formation et de la recombinaison d'un plasma complètement ionisé généré par une impulsion électrique de quelques nanosecondes. La formation du plasma se décompose en cinq étapes : (i) ionisation partielle de l'espace inter-électrode, (ii) formation d'un filament à la cathode, (iii) formation d'un filament à l'anode, (iv) propagation des filaments et (v) fusion des filaments. Ces derniers sont caractérisés par une émission intense de N^+ et d'un continuum des électrons. Nos mesures montrent que la densité d'électrons augmente de 10^{17} à 10^{19} cm^{-3} en moins de 0.5 ns. Cette augmentation abrupte est due à l'ionisation des états excités de N et O, comme le montre un mécanisme cinétique développé dans cette thèse. Le plasma complètement ionisé est à l'équilibre chimique et thermique. Après que l'ionisation complète est atteinte, la densité et la température des électrons décroissent en raison d'une expansion isentropique de la colonne de plasma. Les décharges Nanosecondes Répétitives Pulsées (NRP) sont ensuite utilisées en régime hors-équilibre dans deux brûleurs afin de réaliser des études fondamentales et appliquées en combustion assistée par plasma. Dans le brûleur Mini-PAC, près des électrodes, la température du plasma augmente de 1500 K en raison d'une "lente" formation d'un filament. Les décharges NRP accélèrent la réactivité de la flamme comme le montrent l'augmentation de la densité des espèces excitées dans le plasma et l'enrichissement global de la flamme en OH. Dans le brûleur SICCA, les décharges NRP réduisent l'instabilité des flammes oscillantes (méthane, n-heptane et dodécane) et étendent ainsi leur limite d'extinction pauvre.

Title: Thermal spark formation and plasma-assisted combustion by nanosecond repetitive discharges

Keywords: plasma, thermal spark, nanosecond discharge, plasma-assisted combustion, kinetics, spectroscopy

Abstract: This thesis analyzes the formation and recombination of fully ionized plasmas generated by nanosecond high-voltage pulses: *the thermal sparks*. Their formation occurs in five stages: (i) partial ionization of the plasma channel, (ii) creation of a fully ionized filament at the cathode, (iii) formation of a fully ionized filament at the anode, (iv) propagation of these filaments toward the middle of the interelectrode gap, and (v) merging of the filaments. The filaments are characterized by intense N^+ and continuum emission. We show experimentally that their electron number density increases from 10^{17} to 10^{19} cm^{-3} in less than 0.5 ns. A kinetic mechanism, including the ionization of N and O excited states, successfully describes this 0.5-ns transition. After full ionization is reached, the plasma reaches thermal and chemical equilibrium and the electron number density decreases due to isentropic expansion. Then, Nanosecond Repetively Pulsed (NRP) discharges in the non-thermal spark regime are applied in two burners for fundamental and practical studies of Plasma-Assisted Combustion (PAC). In the mini-PAC burner, the plasma temperature increases by 1500 K near the electrode due to a "slow" thermal spark formation. The NRP discharges enhance the reactivity of the entire flame, as shown by (i) the growth of the active species in the discharge vicinity and (ii) the increase of the OH number density in the entire flame. In the SICCA burner, NRP discharges reduce the instability of oscillating flames (in methane, heptane, and dodecane), and hence extend their lean blow out limit.

Résumé vulgarisé :

Cette thèse est une étude des propriétés physiques de décharges électriques particulières. Pendant quelques milliardièmes de seconde, ou nanosecondes, un fort champ électrique est appliqué entre deux électrodes séparées de quelques millimètres. A cause de ce champ, l'air va « claquer » et un courant électrique va relier les deux électrodes. L'air sera ionisé, c'est-à-dire que certaines molécules seront positives (les ions) et entourées de charges négatives (les électrons), et deviendra un plasma. Habituellement, ces décharges sont si courtes que les électrons n'ont pas le temps de réchauffer les molécules. La chimie est dite « hors-équilibre ». Dans certains cas, assez d'électrons sont formés pour rétablir l'équilibre. La transition hors-équilibre / équilibre est le sujet de la première partie de cette thèse. Dans une deuxième partie, nous utilisons des décharges hors-équilibre pour permettre à des flammes de brûler dans des conditions habituellement interdites. Nos mesures expliquent le mécanisme d'accélération de la combustion par l'augmentation de température des gaz et la génération d'espèces actives connues pour accélérer la combustion.

